



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Übersetzung der  
europäischen Patentschrift

⑧⑦ EP 0 479 833 B1

⑩ DE 690 07 107 T 2

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**F 02 D 41/14**  
F 02 D 41/34

DE 690 07 107 T 2

②①	Deutsches Aktenzeichen:	690 07 107.8
⑧⑥	PCT-Aktenzeichen:	PCT/AU90/00277
⑧⑥	Europäisches Aktenzeichen:	90 909 584.6
⑧⑦	PCT-Veröffentlichungs-Nr.:	WO 91/00420
⑧⑥	PCT-Anmeldetag:	29. 6. 90
⑧⑦	Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung:	10. 1. 91
⑧⑦	Erstveröffentlichung durch das EPA:	15. 4. 92
⑧⑦	Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA:	2. 3. 94
④⑦	Veröffentlichungstag im Patentblatt:	1. 6. 94

③③ Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
29.06.89 AU 49/89

⑦③ Patentinhaber:  
Orbital Engine Co. (Australia) Pty. Ltd., Balcatta,  
Westaustralien, AU

⑦④ Vertreter:  
Pfenning, J., Dipl.-Ing., 10707 Berlin; Meinig, K.,  
Dipl.-Phys., 80336 München; Butenschön, A.,  
Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anwälte; Bergmann, J.,  
Dipl.-Ing., Pat.- u. Rechtsanw., 10707 Berlin; Nöth, H.,  
Dipl.-Phys., 80336 München; Hengelhaupt, J.,  
Dipl.-Ing., 01097 Dresden; Kraus, H., Dipl.-Phys.,  
Pat.-Anwälte, 80336 München

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:  
AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, IT, LI, LU, NL, SE

⑦② Erfinder:  
AHERN, Steven, Ross, Claremont, W.A. 6010, AU;  
PRACILIO, Claudio, Balcatta, W.A. 6021, AU

⑤④ KLOPFREGELUNG DURCH VERMINDERUNG DER EINSPRITZUNGSZEIT.

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 690 07 107 T 2

90909584.6-2301 / O 479 833

5 Die Erfindung betrifft die Steuerung des Betriebs einer Verbrennungsmaschine und insbesondere das Treffen einer korrigierenden Maßnahme beim Auftreten eines "Klopfens", das von einer Detonation anstelle einer gesteuerten Verbrennung eines Teils der Brennstoff/Luft-Mischung herrührt.

10 Klopfen ist ein gut bekanntes Problem beim Betrieb von Verbrennungsmaschinen und ist ein besonderes Problem, wenn eine Maschine Übergangsbedingungen unter hoher Last unterworfen ist. Es ist bekannt, Maschinen mit einem "Klopfsensor" zu versehen, gewöhnlich in der Form eines Vibrationssensors, um entweder eine  
15 angemessene Warnung an die Bedienungsperson der Maschine auszugeben oder einen angemessenen automatischen korrigierenden Vorgang zu aktivieren. Bekannte korrigierende Vorgänge bestehen gewöhnlich entweder in der Verzögerung des Zündzeitpunktes der Maschine  
20 oder in der Erhöhung der Brennstoffzuführung für die Maschine. Die Steuerung des Pegels des "Klopfens"

durch Verzögerung des Zündzeitpunktes und/oder die Verwendung einer Erhöhung der Brennstoffzufuhr, die eine fette Mischung ergibt, kann zu Problemen bei der Emissionssteuerung oder beim Leistungsausgang führen.

5

Es wurde auch in der DE-A-30 22 993 vorgeschlagen, das "Klopfen" durch Herabsetzen des Brennstoffzuführungspegels für die Maschine zu steuern, und in der JP-A-60 11 651 durch Verzögerung der Einspritzung; jedoch verringern beide Vorschläge den Nutzeffekt der Maschine beträchtlich. Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein System zur Steuerung des "Klopfens" in Verbrennungsmaschinen vorzusehen, das ein wirksames Ansprechen auf die Erfassung des "Klopfens" ergibt, um dies zu steuern, und das einen relativ geringen Einfluß auf die Emissionspegel im Maschinenabgas hat.

10

15

20

25

30

Unter Berücksichtigung dieser Aufgabe ist gemäß der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungsmaschine zur Steuerung des "Klopfens" in dieser vorgesehen, das die Einspritzung einer dosierten Menge von in einem Gas mitgenommenem Brennstoff direkt in die Verbrennungskammer der Maschine, die Steuerung des Zeitpunktes der Einspritzung durch Einstellung der Zeit des Endes der Einspritzperiode in Beziehung zum Maschinenzyklus und die Herabsetzung der Dauer der Einspritzperiode in Abhängigkeit von der Erfassung des "Klopfens" in der Maschine oberhalb eines vorbestimmten Pegels umfaßt.

35

Vorzugsweise wird bei der Erfassung des "Klopfens" oberhalb des vorbestimmten Pegels die Dauer der Einspritzung um eine voreingestellte anfängliche Größe reduziert, und wenn danach das "Klopfen" fort dauert,

- um eine voreingestellte zusätzliche Größe, oder mehrere von diesen, bis das "Klopfen" aufhört oder der erfaßte Pegel unter den vorbestimmten Pegel fällt. Normalerweise ist die vorbestimmte anfängliche Größe der Herabsetzung der Einspritzdauer größer als die nachfolgenden voreingestellten zusätzlichen Größen. Somit besteht bei der Erfassung des "Klopfens" oberhalb des vorbestimmten Pegels eine anfängliche Herabsetzung der Einspritzdauer, wobei die anfängliche Größe so eingestellt ist, daß eine Beendigung des "Klopfens" unter normalen Umständen erreicht wird, und eine oder mehrere voreingestellte zusätzliche Größen der Nachregelung sind nur unter schwerwiegenden "Klopfbedingungen" erforderlich.
- Zweckmäßig wird, nachdem das "Klopfen" als Ergebnis einer Herabsetzung der Einspritzdauer aufgehört hat, diese Dauer mit einer vorbestimmten Geschwindigkeit auf ihren normalen Wert erhöht; vorzugsweise stufenweise, so daß nicht eine plötzliche Änderung der Einspritzperiode auftritt, die unter einigen Umständen ein "Klopfen" in der Maschine wieder einleiten.
- Wie es gewöhnliche Praxis ist, werden sowohl der Zündzeitpunkt als auch der Einspritzzeitpunkt auf der Grundlage von Graden der Drehung der Kurbelwelle vor dem oberen Totpunkt (TDC) des Kolbens des speziellen Zylinders eingestellt. Die Dauer der Einspritzperiode kann in gleicher Weise in Graden des Drehwinkels der Kurbelwelle oder auf einer Zeitbasis gemessen werden. Der vorliegende Vorschlag zur Herabsetzung der Dauer der Einspritzperiode basiert darauf, daß der Zeitpunkt der Beendigung der Einspritzung auf einem Drehwinkel vor dem TDC eingestellt wird, und daß die Ein-

spritzdauer auf der Echtzeit beruht, die vom Einspritzbeendigungszeitpunkt vorwärts gemessen wird.

Wie bekannt ist, wird das "Klopfen" oder die Detonation des Brennstoffes gemeinsam in Bereichen mit minimalem Abstand zwischen dem Kolben und der Wand der Verbrennungskammer, gewöhnlich des Zylinderkopfes, eingeleitet, und solche Bereiche mit minimalem Abstand befinden sich normalerweise um den Haupt-Verbrennungsbereich herum. Die vorliegende Erfindung führt durch Herabsetzung der Einspritzperiode von einem eingestellten Beendigungszeitpunkt, daher einer Herabsetzung der Zeitspanne zwischen dem Beginn der Einspritzung und dem Beginn der Zündung, zu einer kürzeren Zeit für den Brennstoff, um zu solchen Bereichen hoher Kompression zu gelangen, wo das Auftreten der Detonation wahrscheinlich ist, und somit wird die Wahrscheinlichkeit der Detonation herabgesetzt. Der Brennstoffzuführungspegel kann im wesentlichen auf einem normalen Pegel bleiben, wie er durch die Maschinenlast bestimmt ist.

In einem Ausführungsbeispiel der Erfindung setzt bei Erfassung eines "Klopfpegels" oberhalb eines vorbestimmten Wertes eine ECU, die zur Steuerung des Einspritzzeitpunktes und anderer Funktionen der Maschine verwendet wird, die Einspritzdauer um 0,5 ms für den nächsten Maschinenzyklus herab. Somit wird die Einspritzung an demselben Punkt im Maschinenzyklus beendet; ist jedoch um eine Dauer von 0,5 ms kürzer. Wenn die ECU fortführt, das Auftreten von "Klopfen" mit einem unannehmbaren Pegel zu erfassen, wird die Einspritzdauer um weitere 0,5 ms herabgesetzt. Unter normalen Umständen ist eine Verkürzung der Einspritzperiode um insgesamt 1 ms ausreichend, das "Klopfen" zu

eliminieren oder wenigstens auf einen annehmbaren Pegel zu reduzieren. Wenn jedoch nach der Verkürzung der Einspritzdauer um 1 ms der "Klopfpegel" noch immer über dem zulässigen Pegel ist, werden weitere

5 fortschreitende Verkürzungen der Einspritzperiode um jeweils 0,5 ms oder möglicherweise um 0,25 ms bewirkt. Bei extrem schwerwiegenden "Klopfzuständen" können alternative Maßnahmen getroffen werden, wie Zündverzögerung, um das "Klopfen" auf einen annehmbaren Pegel entweder allein oder kombiniert mit Verkürzungen der Einspritzperiode zu bringen.

10

Nach jeder Verkürzung der Dauer der Einspritzperiode prüft die ECU den Pegel des "Klopfens", und wenn, wie

15 vorstehend angezeigt ist, der Pegel noch über dem annehmbaren ist, erfolgen weitere Verkürzungen der Einspritzperiode. Wenn jedoch als Ergebnis der Prüfung die ECU bestimmt, daß der "Klopfpegel" annehmbar ist, verlängert sie dann die Einspritzperiode um

20 Schritte von beispielsweise 0,25 ms pro Zyklus, wobei eine Prüfung des "Klopfpegels" nach jedem Einstellungsschritt erfolgt. Diese schrittweise Verlängerung der Einspritzperiode wird fortgesetzt, bis sie zur normalen Dauer zurückgekehrt ist.

25 Das vorstehende Beispiel der "Klopf"-Steuerfolge ist typisch für eine Maschine mit einer Einspritzperiode in der Größenordnung von 5 ms Dauer, jedoch wird dieselbe Folge von Schritten durchgeführt unabhängig von

30 der tatsächlichen normalen Einspritzperiode.

Der Pegel des "Klopfens", bei dem die korrigierende Maßnahme beginnen würde, kann von Maschine zu Maschine unterschiedlich sein. Im Falle eines "Klopfdetektors", der ausgewählt ist zur Messung der Amplitude

35



des Signals bei einer gewissen Frequenz, kann die  
Messung typischerweise eine Breite von 200 Hz bei  
einer Frequenz von 13 kHz aufweisen. Wenn das vom  
Detektor angegebene Signal, d.h. die Spannung, einen  
5 vorbestimmten Pegel entsprechend einem annehmbaren  
"Kloppegel" überschreitet, wird die korrigierende  
Maßnahme eingeleitet. Bei der nächsten Messung kann  
dieselbe vorbestimmte Schwelle wieder verwendet wer-  
den, um zu bestimmen, ob eine weitere oder geringere  
10 Korrektur erforderlich ist. Alternativ können andere  
geeignete Formen äquivalenter "Klopf"-Erfassungen  
verwendet werden, wie ein Detektor, der den akusti-  
schen Pegel relativ zum bekannten annehmbaren akusti-  
schen Pegel bei einer gewissen Frequenz mißt.

15

20

90909584.6-2301 / O 479 833

5

**Patentansprüche**

- 10        1.    Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungsma-  
             schine, um das "Klopfen" in dieser zu steuern,  
             welches aufweist: Einspritzen einer dosierten  
             Menge von in einem Gas mitgenommenem Brennstoff  
             direkt in die Verbrennungskammer der Maschine,  
15        Steuern des Zeitpunktes der Einspritzung durch  
             Einstellen der Endzeit der Einspritzperiode in  
             Beziehung zum Maschinenzyklus, und Herabsetzen  
             der Dauer der Einspritzperiode in Abhängigkeit  
             von der Erfassung des "Klopfens" in der Maschine  
20        oberhalb eines vorbestimmten Pegels.
2.    Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungsma-  
             schine nach Anspruch 1, worin die Dauer der Ein-  
             spritzperiode bei anfänglicher Erfassung des  
25        "Klopfens" oberhalb des vorbestimmten Pegels um  
             eine vorbestimmte Größe herabgesetzt wird, und  
             danach die Einspritzperiode in Abhängigkeit von  
             der Erfassung des Fortdauerns des "Klopfens"  
             oberhalb des vorbestimmten Pegels fortschreitend  
30        weiter verkürzt wird.
3.    Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungsma-  
             schine nach Anspruch 1 oder 2, worin die Ein-  
             spritzperiode anfänglich um 0,5 bis 0,25 ms bei  
35        der anfänglichen Erfassung des "Klopfens" ober-  
             halb des vorbestimmten Pegels verkürzt wird.



4. Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungsmaschine nach Anspruch 1, 2 oder 3, worin die gesamte Herabsetzung der Dauer der Einspritzung in irgendeiner Serie von Herabsetzungen nicht mehr als 50 % der Dauer der Einspritzung unter "Nicht-Klopf"-Zuständen beträgt.
- 5
5. Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin, wenn das "Klopfen" unter den vorbestimmten Pegel fällt als Folge einer einzigen oder einer Folge von Herabsetzungen der Dauer der Einspritzung, die Dauer der Einspritzung mit einer vorbestimmten Geschwindigkeit bis zur normalen Dauer erhöht wird.
- 10
- 15
6. Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungsmaschine nach Anspruch 5, worin die Erhöhung der Dauer der Einspritzung schrittweise bewirkt wird.
- 20